

PALEOCLIMATOLOGIA DOS DEPOSITOS CONTINEN-

TAIS CENOZOICOS DA BACIA DE RESENDE

ELMO DA SILVA AVADOR

Departamento de Geologia

Abstract - An examination of mineralogical data together with textural and structural aspects, from Cenozoic continental sediments of the Resende Basin, middle Paraíba river Valley (Rio de Janeiro, Brazil) provide some considerations about paleoclimatology in relation to deposition and source area. Based on predominance of the montmorillonite clay mineral group, unstable heavy mineral assemblage and fresh rounded feldspar contents in the deposits, the lower unit, Resende Formation, Miocene to Pliocene in age, is interpreted as deposited in semiarid climatic conditions. It is suggested that there has been a predominance of mechanical morphogenetic processes and a poor chemical weathering in the source area.

The dry period recorded in the Resende Formation is related to the beginning of an extensive glaciation that covered the Antarctic Continent with massive ice sheets according to Jacobs (1974) and others and initiated prior to the late Miocene. On the other hand, the base of similar correlated formations in the Brazilian coastal plain are presently found at 80 m. to 100 m. below sea level (Alexandra and Grazián Formations).

In Pliocene/Pleistocene boundary time the climate changed to a humid type.

The Pleistocene period shows great climatic instability and its interpretation is still a matter of dispute. According to Bigarella et al (1965 b) the pleistocenic sedimentary formations indicate an alternating climatic cycle caused mainly by periods of extreme climatic changes from humid to semiarid and from warm to cold. Other authors have considered such Brazilian Cenozoic sedimentations as related to humid climates (Almeida, 1965 and Wernick, 1966).

It is not the purpose of this paper to settle all arguments on this controversial subject. Moreover, the present results of mineralogical data suggest that the Upper Formation (Floriano Fm) exhibited climatic conditions that probably changed between humid to semi-humid.

1. Introdução

A maioria das sequências neocenoicas brasileiras corresponde a mais de um depósito correlativo de superfícies de erosão, geralmente separados por inconformidades erosivas. No entanto muitas sequências têm sido descritas como compostas de uma única formação plio-pleistocênica, embora correspondam a mais de um ciclo de sedimentação. Este procedimento constitui problema para o estabelecimento de correlações estratigráficas seguras, além de introduzir uma considerável margem de erro na interpretação dos ambientes de deposição e das condições paleoclimáticas na área fonte.

Estudo estratigráfico recente (Amador, 1975) dos depósitos continentais cenozoicos da Bacia de Resende, permitiu a sub-divisão da sequência sedimentar em duas definitivas formações (a inferior com idade miocênica/pliocênica e a superior, pleistocênica) com base em critérios mineralógicos texturais e estruturais.

Diferenças quanto aos grupos de minerais de argila, conteúdo de minerais pesados instáveis e teor e natureza de feldspatos, permitiram o meio mais eficiente de estabelecer limites entre o Terciário (Mioceno/Plioceno) e o Quaternário (Pleistoceno) da Bacia de Resende.

Na realidade estas diferenças refletem condições particulares de ambientes de deposição controladas por tipos climáticos específicos.

Baseada neste ponto de vista, esta nota representa um esforço no sentido de reconstituir as condições climáticas do ambiente de deposição e área fonte das duas formações cenozoicas.

2. Condições Regionais

A Bacia de Resende é um comportamento de planalto do médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

O vale foi relacionado por Ribeiro Filho (1948) e Freitas (1956) como originado por falhamentos tectônicos entre o Mesozóico Superior e o Cenozóico Inferior.

A bacia é limitada pelos altos escarpamentos da Serra da Mantiqueira (acima de 2700 metros de altura) a NNW e Serra do Mar (acima de 2500 metros de altura) a SSE. É separada da Bacia de Taubaté pela soleira gnáissica de Queluz.

A geologia da bacia é composta de rochas cristalinas do embasamento Precambriano, rochas alcalinas do Cenozóico Inferior (55,3 e 66,7 milhões de anos de acordo com Ribeiro Filho, 1967) e sedimentos continentais cenozóicos.

O embasamento Precambriano é composto de rochas metamórficas com diferentes graus de metamorfismo, entre as quais se incluem diversos tipos de gnaisses e migmatitos.

Três províncias alcalinas ocorrem na área: Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo. O complexo alcalino do Itatiaia segundo Ribeiro Filho (1967) é constituído de sienitos, foiaitos, pulaskitos, quartzo-sienito, brechas e granitos alcalinos.

A coluna sedimentar foi dividida em cinco unidades por Amador (1975); como pode ser observado no mapa geológico da Bacia de Resende (fig. 1).

Uma sequência basal, denominada Formação Resende, de idade Terciária Superior (Mioceno-Plioceno).

Um membro rudáceo da Formação Resende, de idade Pliocênica.

Uma sequência superior, denominada Formação Floriano, de idade Pleistocênica.

Um membro rudáceo da Formação Floriano.

Depósitos do Pleistoceno Superior e Holoceno.

No vale o clima atual é tropical quente e úmido, com um período de dois a quatro meses secos. A temperatura média anual é de 20° C e a média anual de precipitação é de 1.623 mm. no Posto Meteorológico de Resende (500 metros de altitude). Na área serrana o clima é sub-tropical mesotérmico úmido, sem seca. A temperatura média anual é de 18° C e a média anual de precipitação é de 2.396 mm. no Posto Meteorológico de Agulhas Negras (2.700 metros de altitude).

A região se caracteriza, como aliás quase todo o Brasil Sudeste Oriental, por apresentar forte desvio pluviométrico anual. A concentração da precipitação nos seis meses mais chuvosos (outubro a março) é de cerca de 80% do total anual.

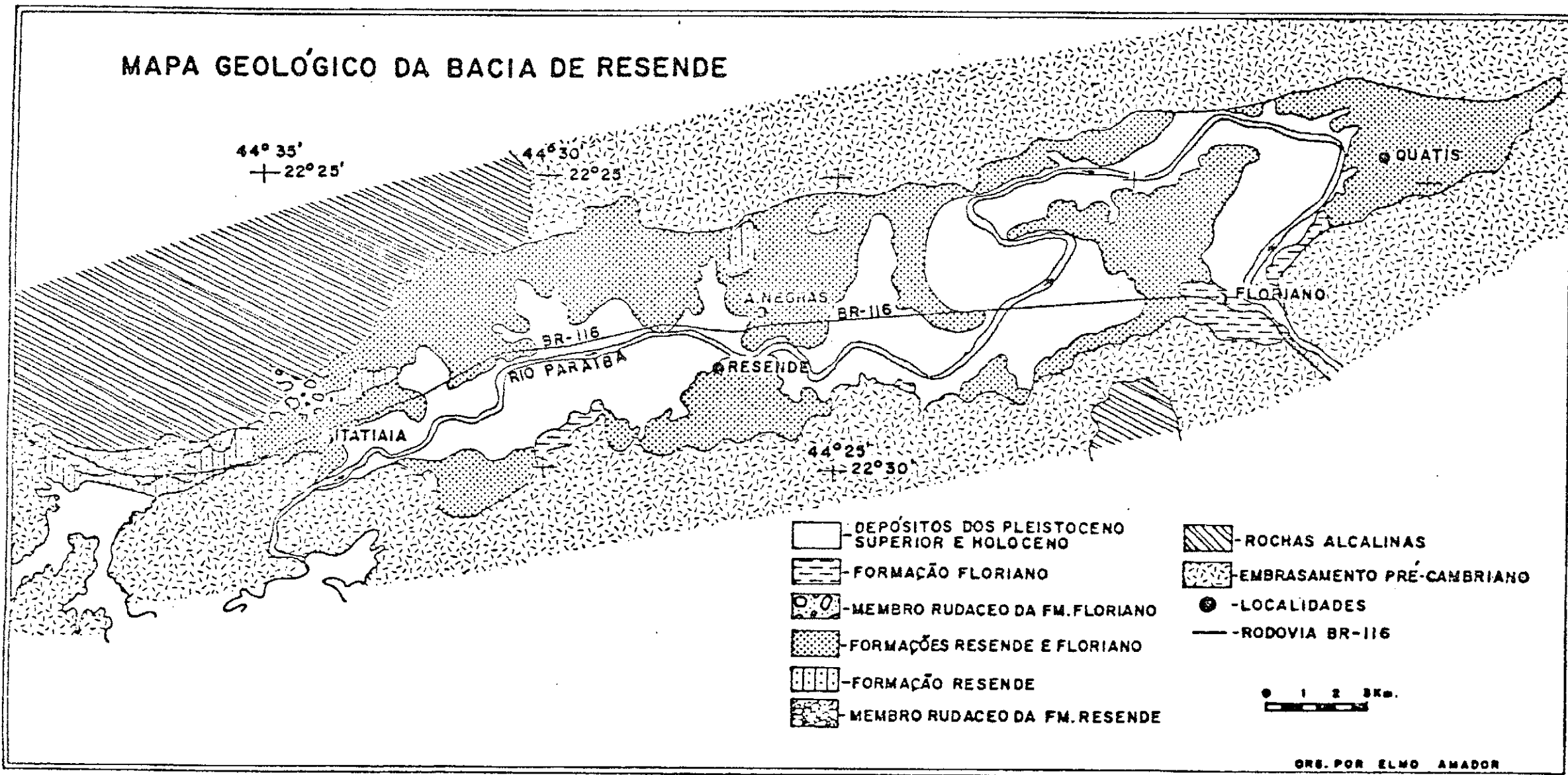
3. Métodos

Os trabalhos de campo consistiram basicamente de elaboração de secções estratigráficas, coleta de amostras e desenho de estruturas sedimentares.

Cerca de 321 amostras foram coletadas de 32 diferentes secções estratigráficas, geralmente com ótimas exposições de cortes de estrada ao longo da BR-116 (Rio-São Paulo), entre as localidades de Floriano e Engenheiro Passos.

Análises de Laboratório compreenderam textura e mineralogia.







MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE RESENDE







44° 35'
+ 22° 25'

44° 30'
- 22° 25'

44° 25'
+ 22° 30'

-  - DEPÓSITOS DOS PLEISTOCENO SUPERIOR E HOLOCENO
-  - FORMAÇÃO FLORIANO
-  - MEMBRO RUDACEO DA FM. FLORIANO
-  - FORMAÇÕES RESENDE E FLORIANO
-  - FORMAÇÃO RESENDE
-  - MEMBRO RUDACEO DA FM. RESENDE

-  - ROCHAS ALCALINAS
-  - EMBRASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO
-  - LOCALIDADES
-  - RODOVIA BR-116



ORG. POR ELMO AMADOR

Os valores texturais foram obtidos através da conjugação dos métodos de peneiramento e pipetagem, conforme critérios utilizados por Folk (1968).

Os parâmetros estatísticos de média, mediana, desvio padrão, as simetria e curtose, foram calculados através das fórmulas desenvolvidas por Folk e Ward (1957).

Métodos de Difração por Raios-X e Análise Térmica Diferencial (D.T.A.) foram utilizados para identificar a natureza dos minerais de argila presentes em amostras de cada Formação, sendo adotados os critérios de Grim (1953) e Millot (1957).

Em adição a mineralogia das argilas, foram determinados grupos de minerais pesados e relação quartzo-feldspato.

Bromofórmio foi utilizado como líquido médio de separação dos minerais pesados, sendo a operação complementada com separação eletromagnética em aparelho Frantz.

A percentagem de feldspato foi determinada pela contagem de 100 grãos em lupa binocular no intervalo de tamanho entre 1.0 ϕ e 2.0 ϕ (ϕ)

4. Estratigrafia

4.1. Formação Resende

A unidade inferior, Formação Resende, provavelmente miocênica/pliocênica é uma sequência de clásticos composta por unidades tabulares de areias médias a grosseiras.

A Formação jaz em inconformidade sobre rochas alcalinas e do Embasamento Precambriano e é correlacionada à Formação Tremembé (Bacia de Taubaté), Formação Guararapes (unidade stratigráfica inferior do Grupo Barreiras) e possivelmente à parte inferior das formações Guabirota e Graxaim.

A secção tipo da Formação Resende pode ser observada na BR-116 (Rio-São Paulo) km 145 (fig. 2).

Baseado nas características texturais e estruturais do depósito, a formação é interpretada como tendo sido depositada por um sistema de rios anastomosantes (braided stream system) em um ambiente de "bajada". A contribuição de processos de movimentos de massa foi secundária para a deposição limitando-se ao Membro Rudáceo da Formação Resende que tem sua ocorrência no flanco sul do Maciço Alcalino do Itatiaia.

Estratificação entrecruzada planar é o tipo mais frequente, principalmente nas camadas arenosas. Estratificação entrecruzada planar em larga escala ocorre juntamente com conglomerados em posições de paleo

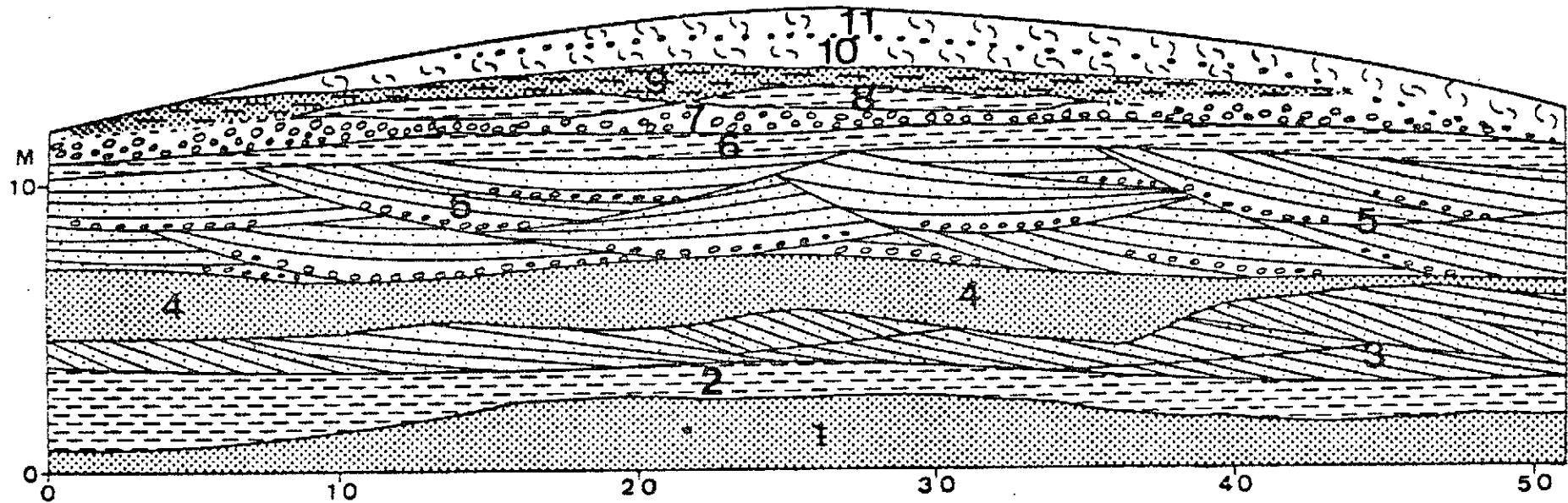


Fig.2 - Seção tipo da Formação Resende capeada pela Formação Floriano e depósitos coluviais holocênicos. Afloramento na rodovia Rio - São Paulo (BR-116) km 144,5.

1. Camada tabular de areia grosseira arcossiana com estratificação entrecruzada planar e acanalada.
 2. Camada fina de material argilo-siltico cinza esverdeado. Minerais do grupo da montmorilonita.
 3. Camada de material arenoso-arcoseano estratificado.
 4. Camada de areia-arcoseana com estratificação incipiente.
 5. Espessa camada tabular de material arenoso-arcoseano com estratificação entrecruzada em larga escala.
 6. Camada fina de material argilo-siltico.
 7. Camada tabular de seixos arredondados embalados em matriz areno-argilosa.
- OBS: Unidade Basal de Formação Floriano
8. Lentas irregulares de material argilo-arenoso.
 9. Material areno-argiloso.
 10. Coluvio argilo-arenoso avermelhado.
 11. Coluvio areno-argiloso amarelo-alaranjado.

canais. Antigos canais entulhados de conglomerados provavelmente representam o talvegue de rios anastomosantes.

Nos sedimentos da Formação Resende os valores texturais são próximos aos estabelecidos por Folk e Ward (1957) como característicos de processo fluvial. Os sedimentos arenosos, que constituem as facies predominantes da Formação Resende, apresentam um relativo bom selecionamento, valores positivos de assimetria e valores de curtose, entre mesocúrticos e leptocúrticos.

4.1.1. Membro Rudáceo da Formação Resende

Consiste numa sequência de blocos e seixos de rochas predominantemente alcalinas, sem matriz, e ocorre interdigitada com camadas arenosas da Formação Resende.

A área de ocorrência do Membro Rudáceo é limitada aos afloramentos do flanco sul do Maciço do Itatiaia.

O Membro Rudáceo da Formação Resende deve ter se constituído no topo deposicional da Formação Resende e tem idade provavelmente Pliocênica. Os depósitos representam uma importante contribuição de processos de movimentos de massa para a sequência da Formação Resende.

A fig. 3 mostra sequência de materiais da Formação Resende e de seu Membro Rudáceo.

4.2. Formação Floriano

A unidade superior é composta de uma sequência irregular de camadas e lentes de areias arcólicas e material argilo-siltico. A formação jaz em inconformidade sobre sedimentos da Formação Resende, rochas alcalinas e rochas do embasamento Pré-Cambriano, e é correlacionada à Formação São Paulo (Bacias de São Paulo e de Taubaté), possivelmente à Formação Riacho Morno (parte superior do Grupo Barreiras) e com a maior parte das formações continentais do Pleistoceno Inferior a Médio.

A secção tipo da formação é encontrada próximo à localidade de Floriano km 128 da BR-116 (Rio São Paulo) (fig.4).

As sequências sedimentares e os resultados texturais sugerem a atuação predominante de processos de movimento de massa e um incipiente retrabalhamento fluvial.

As camadas não possuem consistência horizontal e os padrões de variação textural observados verticalmente não são cíclicos. Estruturas de tipo "cut in fill" ocorrem com frequência, principalmente nos sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos, indicando alternâncias de erosão e preenchimento.

Os sedimentos da Formação Floriano apresentam-se quase sempre

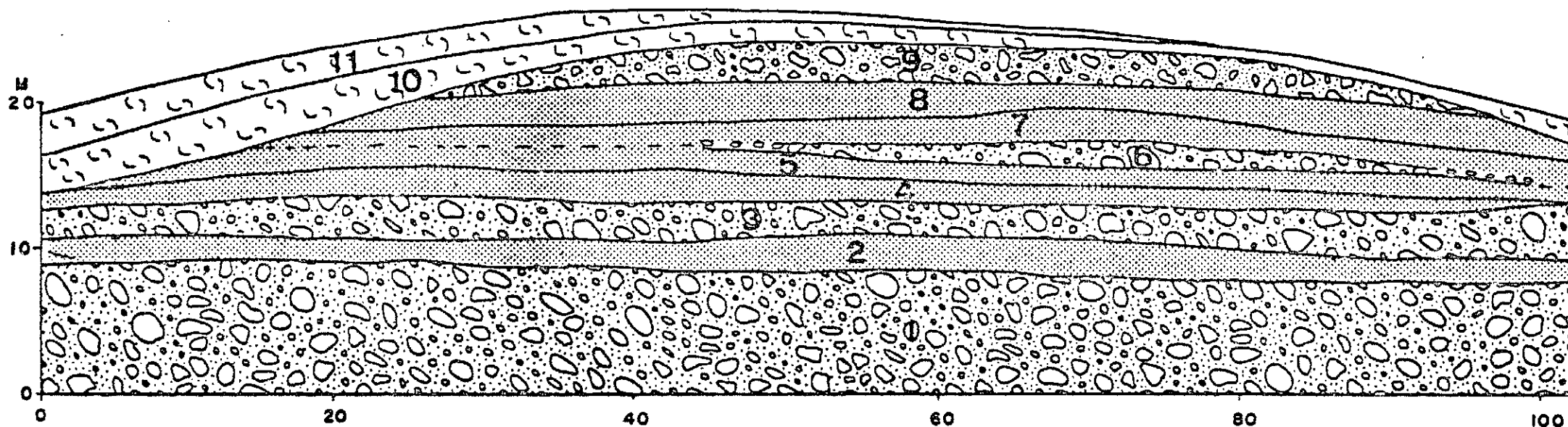


Fig. 3 - Sequência de depósitos de membro Rudáceo da Formação Resende. Afloramento na rodovia Rio - São Paulo (BR-116) Km 163.

1. Espessa camada de material rudáceo de rochas predominantemente alcalinas. Blocos com até 2 metros de diâmetro. Diâmetro modal entre 30 e 80 cm. Matriz praticamente ausente.
2. Camada tabular de material arenoso arcoseano com estratificação sub-horizontal.
3. Camada de material rudáceo.
4. Unidade de areia arcoseana, com estratificação sub-horizontal.
5. Areia arcoseana grosseira com estratificação sub-horizontal.
6. Lente de material rudáceo.
- 7 e 8. Camadas de areia arcoseana com estratificação sub-horizontal.
9. Material rudáceo, parcialmente decomposto.
10. Colúvio argilo-arenoso avermelhado.
11. Colúvio areno-argiloso amarelo-alaranjado.

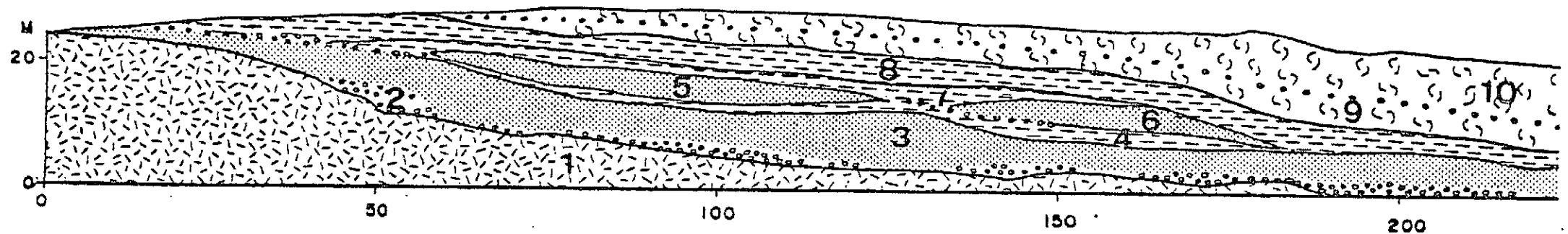


Fig.4 - Seção tipo da Formação Floriano que jaz em inconformidade sobre o embasamento Pré-cambriano. Afloramento na Rodovia Rio - São Paulo (Br-116) Km 128.

1. Material rudáceo de seixos sub-angulosos de quartzo com matriz argilo-arenosa.
2. Material areno-siltoso, com seixos angulosos esparços.
3. Lentes de material argilo-siltico.
- 4 e 5. Lentes de material areno-argiloso.
6. Lentes de material argilo-arenoso.
7. Sedimento argilo-siltico.
8. Coluvio argilo-arenoso avermelhado.
9. Coluvio areno-argiloso amarelo-alaranjado.

pobremamente selecionados, com valores elevados de assimetria positiva e negativa e baixos valores de curtose. Os resultados texturais da formação possibilitam interpretá-la como uma transição entre processos de movimento de massas e fluvial.

4.2.2. Membro Rudáceo da Formação Floriano

Corresponde aos depósitos de um cone aluvial pleistocênico, com afloramentos na entrada do Parque Nacional do Itatiaia, que consiste de espessas camadas de blocos e seixos de rochas alcalinas embalados em abundante matriz argilo-arenosa.

5. Análises Mineralógicas

5.1. Minerais de Argila

Com o objetivo de determinar os grupos de argilo-minerais presentes em amostras das Formações Resende e Floriano, uma série de 25 amostras foi submetida à difratometria pelos Raios-X e Análise Térmica Diferencial (D.T.A.). As técnicas adotadas nas análises basearam-se em GRIM (1953) e MILLOT (1957).

Na difratometria pelos Raios-X foi utilizado um equipamento Norrelco. As leituras foram feitas em papel registrador entre os ângulos 2 a 40°, o que permitiu o reconhecimento dos principais grupos de argilo-minerais.

A Análise Térmica Diferencial (D.T.A.) empregou um aparelho Delta Therm, sendo os resultados plotados entre as temperaturas de 0° a 1.000° C.

As análises de difração pelos Raios-X e D.T.A. permitiram a identificação de caulinita, montmorilonita e secundariamente ilita e gipsita nas amostras examinadas.

Em treze amostras da Formação Resende, a montmorilonita constituiu-se no argilo-mineral predominante em nove amostras, em duas amostras predominou associada com a caulinita e em outras duas apareceu como mineral secundário (Tabela 1).

É conveniente observar que as amostras que têm a montmorilonita como mineral secundário correspondem às unidades do topo da Formação Resende em contato direto com os sedimentos intemperizados da Formação Floriano. As amostras da base da Formação Floriano apresentam contudo predomínio absoluto de caulinita.

Os resultados fornecidos definem os minerais de argila da Formação Resende como de natureza montmorilonítica, sugerindo condições de clima seco na área fonte, incapaz de promover uma lixiviação completa das bases. A dominância de montmorilonita pode indicar de outro lado deposição com águas alcalinas.

A análise de doze amostras da Formação Floriano indicou nos sedimentos o predomínio absoluto dos argilo-minerais do grupo da caulinita (Tabela 1), sugerindo intemperismo químico, sob condições climáticas úmidas na área fonte.

Diferenças em grupos de minerais de argila presentes nos depósitos permitem o mais seguro meio de estabelecer limites entre as formações Resende e Floriano.

5.2. Minerais Pesados

A separação dos minerais pesados foi feita com auxílio de bromofórmio (peso específico 2,87) segundo técnica descrita por Krumbein e Pettijohn (1938).

As amostras cujos minerais apresentavam-se parcialmente recobertos por óxido de ferro, foram submetidas à lavagem em ácido clorídrico (HCl) diluído.

As assembléias consideradas dizem respeito aos minerais micáceos e não opacos contidos na fração arenosa dos sedimentos.

Cada assembléia de minerais, obtida por amostra sofreu separação eletromagnética (Separador Frantz) nas amperagens de 0.3A, 0.6A e 1.0A. Em seguida procedeu-se ao reconhecimento em lupa binocular dos minerais presentes em cada amperagem. Calculando-se finalmente o percentual dos diferentes minerais. Nesta contagem foram considerados a totalidade dos grãos de minerais contidos na amostra, que oscilavam entre 100 e 200 grãos.

Preferimos denominar esta determinação de semi-quantitativa, já que as quantidades mensuradas dizem respeito à apenas uma fração da amostra e não ao conteúdo global dos minerais pesados.

O emprego dos minerais pesados neste trabalho tem por objetivo permitir uma idéia aproximada das condições ambientais na área fonte, favorecendo a interpretação das condições paleoclimáticas da deposição.

A Tabela 2 mostra a percentagem relativa dos minerais pesados em amostras das formações Resende e Floriano, agrupados, segundo a resistência ao intemperismo químico.

Nas duas unidades estratigráficas foram identificados quinze espécimes diferentes de minerais pesados.

Embora a composição seja basicamente a mesma nas duas formações, o que sugere não ter havido diferenças significativas de área fonte, notáveis discrepâncias podem ser observadas quanto à frequência de determinados minerais.

Os depósitos da Formação Resende são abundantes em minerais con

siderados "instáveis" e "extremamente instáveis" como granada, epidoto e piroxênio que ocorrem apenas ocasionalmente e com baixos percentuais nos sedimentos da Formação Floriano.

No agrupamento dos minerais pesados, utilizamos uma escala adaptada de Sindowski (1949) segundo a resistência ao intemperismo. Isto porque, conforme opinião de Weyl (1952) "The effect of weathering is shown by a decrease of the less stable components, as for example augite, hornblende and epidote, and a corresponding relative increase of the stable elements, kyanite, staurolite, tourmaline, zircon and rutile".

Sob condições de clima tropical úmido, o intemperismo promove fortes modificações na composição de minerais pesados. É verdade que além do intemperismo na área fonte, outros fatores podem modificar a composição mineralógica, sendo assinaladas por Van Andel (1959).

- a) Destruição mecânica durante o transporte.
- b) Selecionamento diferencial de acordo com a densidade e o tamanho durante o transporte e a deposição.
- c) Alteração pós-deposicional.

Conhecidas as condições de deposição na Bacia de Resende, parece-nos que além do intemperismo, apenas o último fator apontado por Van Andel (1959) deva ser considerado relevante para explicar as alterações das associações de minerais pesados encontrados nos depósitos.

Considerando que minerais pesados contidos nos sedimentos da Formação Resende tenham sido depositados predominantemente por processo fluvial, portanto mais vulneráveis à destruição mecânica durante o transporte, do que os da Formação Floriano depositados por processos de movimento de massa, os resultados observados conferem ao primeiro fator de Van Andel nenhum significado.

O efeito do selecionamento dos minerais pesados de acordo com a densidade e o tamanho é minimizado em nossa análise desde que as amostras examinadas foram determinadas aleatoriamente nas duas formações.

O último fator focalizado por Van Andel (ob cit) e amplamente analisado por Pettijonh (1957) realmente deve ser tomado por relevante na medida em que somos sabedores da rápida e intensa alteração pós-deposicional sob condições tropicais úmidas. No entanto de acordo com Pettijonh (1957) a perda que se segue à deposição, por ele denominada solução intra-estratal, apresenta um resultado muito similar ao produzido pelo intemperismo.

Acreditamos que o decréscimo em minerais pesados instáveis nos sedimentos da Formação Floriano decorra fundamentalmente do intemperis-

mo químico na área fonte, sob condições climáticas úmidas ou sub-úmidas. O transporte e deposição estariam relacionados a um tipo climático provavelmente situado entre o semi-úmido e o semi-árido (latu sensu) que tivesse por principal atributo fortes concentrações pluviométricas alteradas com prolongado período seco.

A presença nos depósitos da Formação Resende de minerais pesados julgados instáveis pelas duas escalas de alteração (intemperismo pré e pós-deposicional) sugere o predomínio da atuação de processos de morfogênese mecânica na área fonte e uma insignificante alteração pós-deposicional. Estes atributos testemunhariam a vigência de clima seco (provavelmente semi-árido) na ocasião da deposição. Condições climáticas estas que perduraram por um lapso de tempo significativamente longo, para permitir a não alteração pós-deposicional dos minerais pesados instáveis.

Fato interessante de ser assinalado é que a natureza bastante porosa dos depósitos os tornariam extremamente vulneráveis a este tipo de intemperismo.

5.3. Relação Quartzo-Feldspato

A natureza dos minerais leves foi determinada pela contagem de 100 grãos da fração arenosa média (entre 0.50 e 0.25 mm) em lupa binocular.

Foram utilizadas aleatoriamente vinte amostras da Formação Resende e vinte amostras da Formação Floriano. Escolhemos a fração arenosa média (entre 0.50 e 0.25 mm) por ser a classe modal mais expressiva nos sedimentos arenosos das duas formações.

Na Tabela 3 estão registrados os resultados da frequência de feldspato observada em amostras das duas formações.

A par da notável diferença em teor de feldspato constatada nas duas formações, devem ser feitas algumas considerações.

Nos sedimentos da Formação Resende, embora os grãos de feldspato sejam encontrados frescos e com poucas evidências de alteração pós-deposicional, os percentuais não apresentam a mesma expressão assinalada em outras formações neocenozóicas brasileiras. Nas formações Guabirota (Bigarella e Salamuni, 1962), São Paulo (Suguió, 1969) e Macacu (Mousinho de Meis e Amador, 1972), correlacionáveis à Formação Floriano, apesar da forte alteração pós-deposicional assinalada, são encontrados teores elevados de feldspato, muitas vezes acima de 40%.

As camadas lenticulares da Formação Guabirota contêm percentuais tão elevados de feldspato, chegando muitas vezes segundo Bigarella e Salamuni (1962) a confundí-las com o gnaisse alterado do embasamento cristalino.

Os teores mais elevados em feldspato, dos sedimentos da Formação Resende, raramente se enquadram na classe dos arcósios (mais de 25% de feldspato). Apenas 10% das amostras satisfazem essa condição. O que nos leva a acreditar numa relativa pobreza de feldspato nas rochas que constituíam a área fonte dos depósitos.

A ausência ou os baixos teores de feldspato, observados nos sedimentos da Formação Floriano, devem-se, além da pobreza relativa da área fonte neste mineral, à ação do intemperismo pré e pós-deposicional.

O significado geológico dos arcósios ou areias arcósias tem sido matéria controvertida. Alguns autores interpretam a riqueza de feldspato em sedimentos como decorrência de forte amplitude topográfica, frequentemente associada à atividade tectônica de soergimento. Segundo Suguio (1969) a riqueza em feldspato observada nos sedimentos da Formação São Paulo (correlacionada à Formação Floriano) é melhor explicada pela erosão rápida em uma área de relevo acentuado do que por condições climáticas específicas. Na opinião de Krynni (1935) os fatores mais importantes para a existência de feldspato nos depósitos são a rapidez de erosão e soterramento. Iguais condições são estabelecidas por Krumbein e Sloss (1969), para quem os depósitos de arcósios representam soterramento rápido associado a relevo enérgico ou em depressões de falhamento.

Outros autores (Bigarella e Salamuni, 1962; Mousinho de Meis e Amador, 1972; e Amador, 1975), baseados na pobreza relativa em feldspatos dos sedimentos fluviais recentes, das áreas tropicais úmidas, mesmo em se tratando de áreas de relevo enérgico, tendem a interpretar a riqueza em feldspato observada nas formações neocenozóicas, como relacionadas às condições climáticas diferentes das atuais possivelmente semi-áridas.

No nosso entender, as condições paleoclimáticas vigentes na área fonte dos sedimentos da Formação Resende, onde a morfogênese mecânica e o transporte eram mais eficientes que o intemperismo, permitem explicar a preservação de feldspatos frescos encontrados.

Aliás, somente tais condições poderiam justificar o predomínio dos argilo-minerais do grupo da montmorilonita e os teores de minerais pesados instáveis observados nos depósitos.

Os feldspatos frescos da Formação Resende tendem a se situar nas classes de arredondados ou bem arredondados, segundo a escala de arredondamento de Powers, enquanto o quartzo é predominantemente sub-anguloso. Essa diferença de trabalhamento seria definida por Folk (1968) como uma consequência da resistência diferenciável dos dois minerais quando submetidos a abrasão mecânica.

Ainda segundo palavras de Folk (1968) "well-rounded fresh felds par if present in moderate to abundant quantities are excellent indicators of an arid climate and peneplane conditions".

As menores percentagens de feldspato nos sedimentos da Formação Floriano, bem como o elevado estágio de intemperização apresentado, sugere atuação mesmo que parcial de intemperismo químico na área fonte e alteração pós-deposicional do depósito.

É muito provável que um clima úmido tenha precedido a deposição da Formação Floriano, sendo responsável pela alteração das rochas que constituíam a área fonte dos sedimentos. Alguns testemunhos dessa hipótese estão demonstrados: na alteração do gnaiss que jaz em discordância sob as camadas da formação; na pobreza em minerais instáveis e na relativa expressão dos sedimentos finos (argilo-sílticos) nas associações texturais. O próprio predomínio dos processos de movimentos de massa, principalmente corridas de lama (mud flow), como responsáveis pelo depósito, teria por pré-requisito a existência de mantos de decomposição relativamente espessos.

6. Discussões dos Resultados e Conclusões

Com base nos resultados até o momento obtidos é tentada uma reconstituição do clima vigente por ocasião da deposição das formações sedimentares da Bacia de Resende.

A Formação Resende caracterizada pelo predomínio absoluto dos argilo-minerais do grupo montmorilonita, abundância em minerais pesados instáveis e teores relativamente elevados de feldspato pouco alterado é sugerida como depositada sob condições de clima provavelmente seco (semi-árido). O predomínio de processo fluvial anastomosante (braided rivers system) atestado pelos padrões estruturais e texturais do depósito, tende a reforçar esta hipótese.

Sob condições climáticas semi-áridas predominariam na área fonte dos depósitos processos de morfogênese mecânica incapazes de levar a uma lixiviação completa dos elementos base.

Em trabalho palinológico recente efetuado com amostras da Formação Tremembé (correlacionável parcialmente à Formação Resende), Wicket (1974) assim se referiu à constelação de palinórfos identificados: "a maior parte dos grãos de pólen sugerem, levando-se em consideração a afinidade com gêneros recentes, ambientes secos até xerofítico". Deve ser assinalado que a Formação Tremembé, Suguio (1969), apresenta completa identidade mineralógica com a Formação Resende no que concerne aos padrões mineralógicos. Estudo palinológico por nós efetuado com sedimentos da Formação Resende vem revelando considerável concentração de pólen, o que permitirá brevemente a identificação dos gêneros representados.

A fase climática semi-árida da Formação Resende (Mioceno-Plioceno) tem correspondência com um período de extensiva glaciação no Continente Antártico, sugerido por Rutford et al (1970). Estudos mineralógicos desenvolvidos por Jacobs (1974), principalmente no que diz respeito à mudanças de minerais de argila, tendem a considerar o Mioceno como um período de deterioração climática na Antártida.

Bandy et al (1971) opinam que o ciclo de resfriamento do Mioceno Superior foi bipolar. Eles citam a glaciação continental do Alaska, datada por Danton et al (1969) a 10 m.a, como evidência de que ocorreu glaciação nas altas latitudes dos dois hemisférios simultaneamente.

Por outro lado, a presença de depósitos continentais cenozóicos, correlacionáveis à Formação Resende, como a parte inferior da Formação Alexandra, do litoral do Paraná (Bigarella et al, 1959), a Formação Graxim do litoral do Rio Grande do Sul (Morris, 1963) entre outras da plataforma continental, a profundidades de 80 a 100 metros, indicam nível do mar abaixo do atual. Esta convergência de informações tende evidentemente a reforçar um relacionamento entre o clima seco documentado nos sedimentos da Formação Resende e uma fase glacial miocênica. Este tipo climático seria responsável ainda pela elaboração do Pediplano Pd₂, segundo terminologia de Bigarella, et al (1965) do qual a Formação Resende seria depósito correlativo.

O fecho da sedimentação da Formação Resende, datado temporariamente no Plioceno Médio/Superior, oferece subsídios valiosos para interpretação paleoclimática.

O arredondamento dos blocos e seixos do Membro Rudáceo da Formação Resende, que correspondem aos depósitos derradeiros da Formação Resende, sugere o início de uma gradual umidificação na área fonte dos rudáceos (maciço alcalino do Itatiaia). Não correlacionável à abrasão por transporte, dadas às condições lubrificantes do processo de movimentos de massa, responsável pelo depósito. O arredondamento dos rudáceos é atribuído à atuação da decomposição química ao longo de sistemas ortogonais de diáclases. No entanto este tipo de intemperismo exigiria a vigência de condições climáticas relativamente úmidas na área fonte dos rudáceos.

É interessante notar que os sedimentos fluviais arenosos da Formação Resende, interdigitados com os depósitos rudáceos, não sofreram alterações marcantes em sua composição mineralógica. Este fato induz a pensar ter sido a umidificação do clima lenta e provavelmente mais acentuada nos setores elevados do maciço, área fonte dos rudáceos.

Provavelmente a mesma diferença pluviométrica (total e regime) observada atualmente entre o Vale e o Maciço do Itatiaia, possa servir de apoio para entender o mecanismo da umidificação pretérita.

As condições climáticas responsáveis pelos depósitos continen-

tais pleistocênicos, correlacionáveis à Formação Floriano (Formações Guabirotuba, Macacu, Pariquera-Açu e São Paulo entre outras) têm sido motivo de controvérsias.

Segundo Bigarella et al (1965) os depósitos pleistocênicos testemunhariam alternâncias de fases climáticas úmidas e secas (latu sensu). As fases secas seriam responsáveis pela maior eficiência de sedimentação.

Opinião divergente foi expressa por Almeida (1952) e Wernick (1966) entre outros, que apoiados em critérios sedimentológicos, sugerem um clima tropical úmido não muito diferente do atual, para explicar a deposição da Formação São Paulo.

Petri e Suguio (1972) fazem analogia entre sedimentos recentes de escorregamentos, ocorridos em uma das áreas mais úmidas do Brasil (Serra do Mar), com os sedimentos neocenozóicos. No entanto, sob as condições climáticas úmidas, certamente um sistema de drenagem organizado promoveria a evacuação dos detritos liberados pelos processos de movimentos de massa, não permitindo a retenção dos sedimentos no sítio da deposição, e os depósitos pleistocênicos evidenciam claramente alternâncias de fases erosivas (degradação) e de entulhamento (agradção).

Outros autores (Freitas, 1951 e Petri e Suguio, 1972), têm argüido a possibilidade de um controle tectônico na deposição em detrimento da explanação climática. Na verdade, os dois fatores, o climático e o tectônico não são mutuamente excludentes. Uma reativação tectônica tenderia a acentuar a atuação do processo produzido por mecanismos climáticos e nunca substituí-lo como agente de deposição.

A origem das divergências tende a persistir, na medida em que os sedimentos continentais pleistocênicos são geralmente afossilíferos e as inferências climáticas são quase sempre apoiadas em evidências geológicas nem sempre satisfatórias.

Um outro problema diz respeito ao intemperismo químico pós-deposicional sofrido pelos depósitos.

Sob condições tropicais úmidas o intemperismo pós-deposicional promove simultaneamente sensíveis distorções quanto à composição mineralógica e valores texturais dos sedimentos. Estudo mineralógico recente, Mousinho de Meis e Amador (1974) demonstrou que a alteração pós-deposicional de material arciano da Formação Macacu promoveu modificações nos valores texturais, tornando inviável o uso isolado dos resultados texturais no sentido de identificar processos e ambientes de deposição. Entretanto grande parte dos estudos das formações pleistocênicas brasileiras tem sido apoiada quase exclusivamente nos padrões texturais dos depósitos. Provavelmente parte do empobrecimento em minerais instáveis observado nos sedimentos da Formação Floriano seja devido a alteração pós-deposicional, principalmente se considerarmos a posição

estratigráfica da formação e o caráter poroso de algumas camadas. Não sendo no entanto suficientemente conhecidos o caráter e a intensidade da alteração pós-deposicional é necessário muita cautela no sentido de ser evitada a maximização de sua importância.

Depósitos arenosos de um aluvião antigo de idade provavelmente do Pleistoceno Superior, apesar da posição estratigráfica (jaz em inconformidade sobre os sedimentos da Formação Floriano) e do caráter poroso dos sedimentos, revelam grande riqueza em minerais pesados instáveis. Estes depósitos foram interpretados através de seus atributos texturais, estruturais e mineralógicos, como depositados por rios anastomosantes sob condições semi-áridas.

Acreditamos, face aos resultados encontrados, que o decréscimo em minerais instáveis, observado nos sedimentos da Formação Floriano, esteja primordialmente relacionado ao intemperismo na área fonte dos sedimentos sob condições climáticas úmidas, embora não deva ser negligenciada a importância da alteração pós-deposicional, que no entanto é difícil de ser avaliada em termos mineralógicos, posto que conforme foi observado por Pettijonh (1951) produz um resultado muito similar ao do intemperismo. O transporte e a deposição estariam relacionados a um tipo climático caracterizado por fortes concentrações pluviométricas intercaladas com períodos secos. Este tipo climático provavelmente situado entre o semi-árido e o semi-úmido seria responsável pela remoção rápida do regolito através de processos de movimentos de massa. O clima reinante durante a sedimentação da Formação Floriano seria certamente diferente do clima úmido atual, porém sem o mesmo rigor e estabilidade apresentado pelos depósitos da Formação Resende.

A definição precisa do tipo climático, face à inexistência de fósseis, é aqui apenas inferida com base nos aspectos litológicos e estruturais do depósito. No nosso entender, novas provas indicativas das condições paleoclimáticas devem ser buscadas.

7. Agradecimentos

O suporte financeiro para esse estudo foi fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. (TC. 17.468) e Conselho de Pesquisas da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Desejamos expressar nossos agradecimentos aos bolsistas Maria Inês Barbosa de Castro, Pedro Victor Zalan e Maurício Gonçalves Ferreira Junior pela colaboração valiosa em diversas etapas do trabalho.

Bibliografia

- Almeida, F.F.M., (1952). Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná, Bol. Soc. Bras. de Geol., V.1: 53-58.

- Almeida, F.F.M., (1955). As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira, Bol. Soc. Bras. de Geol., V.4 (2), 23-40.
- Amador, E.S., (1975). Estratigrafia e sedimentação da Bacia de Resende. Rio de Janeiro, U.F.R.J., Inst. Geoc., edição do autor.
- Bandy, O.L., Casey, R.E. & Wright, R.C. (1971). Late Neogene planktonic zonation, magnetic reversals and radiometric dates, Antarctic to the tropics, Am. Geophys Union Antarctic, Res. Serv., V. 15: 1-26
- Bigarella, J.J., Salamuni, R. & P.L. Marques Fº (1959). Ocorrência de depósitos sedimentares continentais no litoral do Estado do Paraná (Formação Alexandra) I.B.P.T. Not. Prol. e Est., nº 1.
- Bigarella, J.J. & Salamuni, R. (1962). Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba, Univ. Fed. Paraná, Geol. Bol. nº 7: 127-153.
- Bigarella, J.J., Mousinho, M.R. & Silva, J.X. (1965). Pediplanos pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil, Bol. Paran. de Geogr., 16/17: 117-151.
- Freitas, R.O. (1951). Ensaio sobre a tectônica moderna no Brasil, Bol. Fac. Fil. Cienc. Let. U.S.P., V. 130, Geologia, nº 6.
- Freitas, R.O. (1956). Considerações sobre a tectônica e geologia do Vale do Paraíba, Eng. Miner. Met., 24 (143): 276-284.
- Folk, R.L. (1968). Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, Hemphill's, Univ. of Texas.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957). Brazos river bar - a study in the significance of grain size parameters, Jour. Sed. Petrology, V. 27: 3-26.
- Grim, R.E. (1953). Clay mineralogy. New York, Mc Graw-Hill.
- Jacobs, M.B. (1974). Clay mineral changes in Antarctic deep sea sediments and Cenozoic climatic events, Jour. Sed. Petrology, V. 44: 1078-1086.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J. (1938). Manual of Sedimentary Petrography. New York, Appleton-Century-Crosfts Inc.
- Krumbein, W.C. & Sloss, L.L. (1969). Estratigrafia y Sedimentación. México, Tipografia Editorial Hispano Americana.
- Millot, G., (1957). Geology des argiles. Paris, Masson et Cie.

- Morris, R.M. (1963). Geologia Geral das quadrículas de Gravataí, Taquara e Rolante, RS, Brasil. Porto Alegre, Publ. Esp. da Esc. de Geol. da U.F.R.G.S., V. 5: 1-36.
- Mousinho de Meis, M.R. & Amador, E.S. (1972). Formação Macacu - Considerações a respeito de Neo-cenozóico da Baía de Guanabara, An. Acad. Bras. de Ciênc., 44 (3/4): 602.
- Mousinho de Meis, M.R. & Amador, E.S. (1974). Note on weathered arkosic bed, Jour. Sed. Petrology, V.44: 727-737.
- Petri, S. & Suguio, K. (1972). Características granulométricas dos materiais de escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídios para o estudo de sedimentação neo-cenozóica do sudeste brasileiro, Anais XXV Congr. Bras. Geol., V.1: 71-82.
- Pettijonh, F.J. (1957). Sedimentary Rocks. New York, Harper & Brothers, 2.^a ed.
- Ribeiro Filho, E. (1948). Caracteres físicos e geológicos da bacia do Paraíba, Bol. 127, D.G.M., D.N.P.M., 55p.
- Ribeiro Filho, E. (1967). Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro, Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras U.S.P., V. 302, Geologia nº 22, p. 5-93.
- Rutford, R.M., Craddock, C. & Bastien, T.W. (1966). Late Tertiary glaciation and sea-level changes in Antarctica; Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, V. 5: 15-39.
- Suguio, K. (1969). Contribuição à geologia da bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras U.S.P., nº Esp., 106 p.
- Van Andel, T.M. (1959). Reflections on the interpretation of heavy mineral analysis, Jour. Sed. Petrology, V. 29: 153-163.
- Wernick, E. (1966). Análise granulométrica dos sedimentos da bacia de São Paulo, Eng. Miner, Met., 43 (254): 63-66.
- Weyl, R., (1952). Zur Fraga der schwermineralverwitterung in sedimenten, Erdol und Kohls, V. 5: 28-33.
- Wickert, W.O. (1974). Contribuição ao estudo da paleontologia da bacia de Taubaté, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, U.F.R.J., Inst. Geoc., edição do autor.

TABELA 1

GRUPOS DE MINERAIS DE ARGILA

FORMAÇÃO RESENDE					FORMAÇÃO FLORIANO				
Secção	Amostra	P	S	A	Secção	Amostra	P	S	A
11	1	C-M	-	G,Q	8	2	C	-	M
11	7	C-M	I	Q	10	1	C	M	I,G
16	2	M	C	Q	11	10	C	-	-
16	6	M-C	-	Q	12	23	C	M	I,G
17	6	M	C	I,Q	12	31	C	-	I,Q
23	1	C	M	I,Q	15	1	C	-	M
27	4	M	C	Q,I,G	16	8	C	-	M
29	4	C-M	-	I,Q	17	13	C	-	I,G
29	6	M	C	Q,I,G	22	2	C	-	G,Q
30	7	M	C	-	22	6	C	-	M
31	1	C	M	Q	23	4	C	-	G,Q
32	3	M	-	Q,G,C	31	2	C	-	M,Q,I
32	0	M	-	C,I					

M=Montmorilonita C=Caolinita I=Ilite G=Gibbsite Q=Quartzo
P=Predominante S=Secundário A=Acessório

FORMAÇÃO RESENDE

FORMAÇÃO FLORIANO

Secção	Amostra	P	S	A	Secção	Amostra	P	S	A
11	1	C-M	-	G,Q	8	2	C	-	M
11	7	C-M	I	Q	10	1	C	M	I,G
16	2	M	C	Q	11	10	C	-	-
16	6	M-C	-	Q	12	23	C	M	I,G
17	6	M	C	I,Q	12	31	C	-	I,Q
23	1	C	M	I,Q	15	1	C	-	M
27	4	M	C	Q,I,G	16	8	C	-	M
29	4	C-M	-	I,Q	17	13	C	-	I,G
29	6	M	C	Q,I,G	22	2	C	-	G,Q
30	7	M	C	-	22	6	C	-	M
31	1	C	M	Q	23	4	C	-	G,Q
32	3	M	-	Q,G,C	31	2	C	-	M,Q,I
32	0	M	-	C,I					

TABELA 2

CONTEÚDO DE MINERAIS PESADOS - CONFORME CLASSES DE ESTABILIDADE

FORMAÇÃO RESENDE

FORMAÇÃO FLORIANO

Sec.	Amost.	Pouco Estável	Moderadam. Estável	Ultra Estável	Sec.	Amost.	Pouco Estável	Moderadam. Estável	Ultra Estável
3	1	16.16	54.55	27.27	5	2	-	83.63	16.67
11	2	13.10	31.60	55.30	7	1	-	40.00	60.00
11	4	13.04	17.39	69.57	8	2	-	30.67	69.33
12	4	-	11.43	86.57	8	3	4.80	17.20	78.00
12	5	63.63	36.37	-	8	4	25.00	25.00	50.00
14	1	23.88	68.23	7.69	9	3	21.00	12.50	66.50
16	1	30.77	53.65	15.38	9	6	-	30.77	69.23
17	1	84.55	6.35	0.10	10	2	27.20	-	72.72
17	3	-	63.56	44.44	11	6	6.00	45.80	46.40
17	8	80.90	40.00	-	12	12	-	13.51	86.49
18	2	63.63	36.37	-	16	16	-	23.26	76.74
21	1	.	50.00	50.09	12	17	-	20.00	80.00
22	1	27.62	17.68	54.50	12	30	-	26.60	71.40
23	1	1.59	5.40	93.01	14	4	-	62.50	37.50
23	2	-	52.00	48.00	16	3	-	17.50	82.50
23a	1	87.91	7.07	5.02	16	6	16.80	53.20	36.00
23a	2	20.63	28.56	50.79	18	4	-	50.00	50.00
23a	3	10.25	46.00	43.75	22	5	-	25.38	74.62
28	4	88,50	4.43	7.07	22	6	7.68	10.40	81.92
29	5	-	16.67	83.33	23	3	-	100.00	-
30	2	71.43	-	26.57	24	1	-	67.50	32.50
30	3	51.51	39.40	9.09	24	5	4.00	88.00	30.00
32	2	70.32	14.26	15.42	29	7	-	80.00	20.00
32	3	94.78	-	5.24	31	2	-	50.00	50.00
32	3	64.30	-	15.70					
Média		39.16	26.08	32.75	Média		4.52	39.71	65.77
Pouco Estável	Anfibólio Piroxênio Epidoto Granada		Moderadamente Estável	Cianita Silimnita Esteurolita Andaluzita			Ultra Estável	Zircão Rutilo Turmalina Monazita	

TABELA 3

FREQUÊNCIA DE CONTEÚDO DE FELDSPATO %

CLASSE (%)	FORMAÇÃO RESENDE	FORMAÇÃO FLORIANO
0.0	5	65
0,1 to 5.0	15	15
5,1 to 10,0	20	15
10,1 to 25,0	50	5
> 25,0	10	0

CORPO EDITORIAL

Conselho de Pós-Graduação do Instituto de Geociências:

Bertha K. Becker - Diretora de Pós-Graduação e Pesquisa;

Josué Alves Barroso - Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geologia;

Maria do Carmo Corrêa Galvão - Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia;

Marcus Aguiar Gorini - Representante do Corpo Docente da Pós-Graduação;

Ana Luiza Celso Neto Silva - Representante do Corpo Discente da Pós-Graduação;

Assessora da Direção de Pós-Graduação e Pesquisa para Publicações:

Maria Helena Lacorte

Corpo Consultivo:

Basílio de Bragança Pereira - UFRJ, Instituto de Matemática;

Haroldo E. Asmus - Petrobrás, CENPES;

Helio Monteiro Penha - UFRJ, Instituto de Geociências;

João José Bigarella - UFPr., Instituto de Geociências;

Lysia Maria C. Bernardes - UFRJ, Instituto de Geociências;

Marco Aurélio Vicalvi - Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral.